



CAPÍTULO 4

INVESTIGAÇÃO E ANÁLISE DO CUSTO DE CONSTRUÇÃO E DE BENEFÍCIOS À POPULAÇÃO DE PONTE DE CONCRETO ARMADO E PROTENDIDO : ESTUDO DE CASO

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.625122504114>

Manoelito Wagner Pereira Saturnino

IFPE / Coordenação de Eng^a Civil/DEN

<https://orcid.org/0000-0002-3685-4687>

<http://lattes.cnpq.br/9306533982560254>

Libni Angelim Feijó

Angelim&Feijó/Projetos/I

<https://orcid.org/0009-0000-3359-9839>

Delza Coelho Sobral de Aquino Novaes

VERK Engenharia /

<https://orcid.org/0009-0001-5550-6733>

<http://lattes.cnpq.br/4667600819639346>

Luma Beatriz de Siqueira Fontes Cabus

ANCAR

<https://orcid.org/0009-0006-9153-4658>

RESUMO: Este artigo apresenta um estudo de um caso real de construção de uma ponte em concreto armado, o artigo apresenta um estudo de um caso real de construção de uma ponte em concreto armado e protendido(longarinas) sobre o rio Pajeú na cidade de Afogados da Ingazeira – PE. A construção da ponte Antônio Mariano de Brito teve como objetivo ligar os bairros São Francisco e São Cristóvão na referida cidade. A ponte tem um vão com 99,70 m de comprimento e 7 m de largura. A ligação dos dois bairros antes da construção dessa ponte, era feita com cerca de 4 km de distância contornando inclusive o centro da cidade. Realiza-se assim um sonho de mais de 20 anos da população dos dois bairros. O custo inicial da obra era de R\$ 3.875.126,82 (três milhões, oitocentos e setenta e cinco mil, cento e vinte e seis reais e oitenta e dois centavos), porém após o segundo aditivo de valor ficou em R\$

4.275.805,89 (quatro milhões, duzentos e setenta e cinco mil, oitocentos e cinco reais e oitenta e nove centavos), um acréscimo em relação ao custo inicial de 10,34%..

PALAVRAS-CHAVE: Ponte, Concreto armado, Concreto Protendido.

Investigation and Analysis of the Construction Cost and Benefits to the Population of Reinforced and Prestressed Concrete Bridges: A Case Study

ABSTRACT: This article presents a study of a real case of building a reinforced concrete bridge. It focuses on the construction of the Antônio Mariano de Brito bridge, which is a prestressed (girders) structure over the Pajeú river in the city of Afogados da Ingazeira - PE. The bridge aimed to connect the neighborhoods of São Francisco and São Cristóvão in that city. The bridge has a span of 99.70 m in length and 7 m in width. Before the construction of this bridge, the connection between the two neighborhoods was made with a distance of about 4 km, even going around the city center. This fulfills a dream of over 20 years for the residents of both neighborhoods. The initial cost of the project was R\$ 3,875,126.82 (three million, eight hundred and seventy-five thousand, one hundred and twenty-six reais and eighty-two cents), but after the second budget amendment, it increased to R\$ 4,275,805.89 (four million, two hundred and seventy-five thousand, eight hundred and five reais and eighty-nine cents), an increase in relation to the initial cost of 10.34%.

KEYWORDS: Bridge, Reinforced Concrete, Prestressed Concrete 4

INTRODUÇÃO

Utilizadas desde a antiguidade as pontes consideradas como Obras de Artes Especiais (OAE), são destinadas a transpor obstáculos naturais e artificiais construídos pelo homem. Madeiras e pedras eram os materiais mais utilizados até o século XVIII, e devido à evolução das ferrovias as pontes metálicas começaram a se destacar no século XIX. Posteriormente para substituir as pontes de pedras, surgiram as pontes de concreto armado e com o avanço das pesquisas hoje se destacam as pontes de concreto protendido (utilizadas para pontes de médios e grandes vãos), devido à possibilidade de execução de vigas pré-moldadas protendidas e maior resistência gerada pelos cabos de aço (cordoalhas). Sabe-se que o concreto possui baixa resistência à tração, assim a armadura de protensão atua comprimindo as áreas tracionadas da viga, evitando a abertura de fissuras e possibilitando menores espessuras dos elementos estruturais, se comparado ao concreto armado.

O município de Afogados da Ingazeira está localizado na Macrorregião do Sertão Pernambucano e na Microrregião do Pajeú, com uma área territorial de 384,4 km², limitando-se ao Norte com Solidão, ao Sul com Carnaíba, ao Leste com Tabira e Iguaracy, ao Oeste com Carnaíba(Wikipédia).

A sede Municipal está a 525m de altitude em relação ao nível do Mar, tem sua posição geográfica determinada pelo paralelo de -7°45'03,65 da latitude E -37°38'20,4 de longitude (Wikipédia).

O clima é semiárido quente, com temperaturas variando entre 20° C e 36°C.O período chuvoso se inicia em novembro com término em abril. A precipitação média anual é de 676 mm. É a única cidade pernambucana com menos de 50.000 habitantes classificada pelo IBGE como Centro Sub Regional B, devido sua rede de influência. Possui o terceiro maior IDH da região, somente atrás de Triunfo e Serra Talhada, e está situado a 386 km de distância da capital, Recife (Wikipédia, 2024).

A seguir na figura 1 mostramos a sua localização em relação ao mapa de Pernambuco



Figura 1 - Localização do município de Afogados da Ingazeira – PE

Fonte : WIKIPÉDIA (2024)

Pontes

Segundo a NBR 9452 (ABNT, 2019), estrutura destinada à transposição de obstáculo à continuidade do leito normal de uma via, e cujo obstáculo deve ser constituído por canal aquífero, como rio, mar, lago, córrego e outros. Marchetti

(2008) afirma que, denomina-se ponte a obra destinada a permitir a transição de obstáculos à continuidade de uma via de comunicação qualquer. Os obstáculos podem ser rios, vales profundos dentre outras vias, sejam eles naturais ou criados pelo homem. Podem ser estruturas de concreto armado, madeira, estruturas metálicas dentre outros materiais. Estrutura, inclusive apoios, construída sobre uma depressão ou uma obstrução, tais como água, rodovia ou ferrovia, que sustenta uma pista para passagem de veículos e outras cargas móveis, e que tem um vão livre, medido ao longo do eixo da rodovia, de mais de seis metros. Ficam incluídos nesta definição viadutos, passagens superiores e passagens inferiores. De acordo com Debs e Takeya (2003) uma ponte propriamente dita seria a estrutura destinada a transpor um obstáculo construído por um curso d'água ou outra superfície líquida. Já o viaduto seria destinado a transpor um vale ou uma via. Independentemente a classificação, o tratamento estrutural de ambos é idêntico a quase todo conjunto com diferenças significativas apenas na infraestrutura.

A figura 2 a seguir apresenta exemplos de classificação de ponte e viaduto.

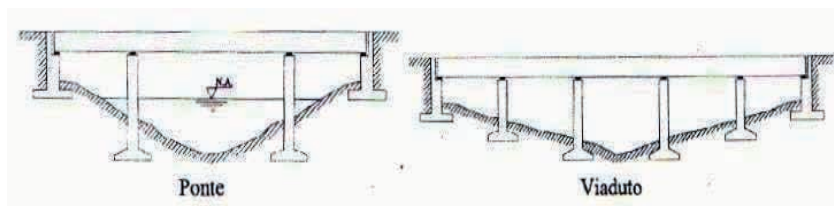


Figura 2: Exemplos de Pontes e Viadutos

Fonte : DEBS & TAKEYA (2007)

Esta definição a respeito do conceito de pontes possui um significado amplo, já que na literatura técnica são encontradas algumas classificações de pontes tendo em vista diversos aspectos, como traçados, seção transversal, número de vãos, tipo de obstáculo trasposto, materiais constituintes, natureza do tráfego, dentre outros.

Para funcionamento seguro e eficiente de uma estrutura de ponte esta deve atender a alguns requisitos básicos e essenciais. De acordo com Marchetti (2008) os requisitos principais de uma ponte são:

1. Funcionalidade: As estruturas de pontes deverão atender de forma perfeita as exigências de tráfego etc.;

2. **Segurança:** Quanto segurança de utilização das estruturas de ponte esta deve conter materiais que ao serem solicitados por esforços que provoquem tensões menores que as admissíveis ou que possam provocar ruptura;
3. **Estética:** Ponte deve apresentar aspecto agradável e se apresentar de maneira harmônica com o ambiente que a circunda;
4. **Economia:** Quando se trata de economia obviamente deve-se fazer um estudo comparativo aprofundado no intuito de identificar a solução menos custosa e mais viável;
5. **Durabilidade:** A ponte deve atender de maneira satisfatória as exigências de uso durante o tempo previsto.

Elementos constituintes de Pontes

Os elementos estruturais de pontes podem ser classificados em dois ou três grandes grupos dependendo do autor. Os elementos estruturais de pontes podem ser classificados em dois ou três grandes grupos dependendo do autor. Segundo PFEIL (1979) sob o ponto de vista funcional elas podem ser divididas em três partes principais: infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura.

A superestrutura compreende os elementos de lajes e vigas principais e secundárias, é o elemento de suporte do estrado que constitui a parte útil da obra. É a parte que recebe diretamente as cargas do tráfego. O tabuleiro e o sistema principal de vigas funcionam de forma integrada. As vigas principais são caracterizadas como longarinas e as transversais como transversinas.

A infraestrutura compreende os elementos de pilares apoios e encontros, ou seja, elementos que se destinam a apoiar no terreno (solo ou rocha), os esforços transmitidos da superestrutura para a mesoestrutura. Pode ser constituída por fundações sapatas, blocos dentre outros.

Já a mesoestrutura é o elemento que recebe os esforços da superestrutura e transmite a infraestrutura, constituída pelos elementos de pilares da ponte. As figuras (FIGURAS 2, 3 e 4) a seguir, apresentam respectivamente os elementos constituintes de ponte, e os elementos constituintes da Seção Transversal da superestrutura e da Seção Longitudinal.

Ponte de Estudo

A ponte de estudo deste artigo é a ponte construída sobre o Rio Pajeú na cidade de Afogados da Ingaeira – PE, denominada de ponte Antoio Mariano de Brito. Essa ponte tem um vão total de 99,70 m de comprimento por 7 m de largura a pista de rolamento. Duas lajes de transição com 9,00 m de largura e 4,00 m de comprimento e 0,25 m de altura.

A referida ponte foi construída em concreto armado: infraestrutura, mesoestrutura e concreto armado e protendido (longarinas): superestrutura . Ela interliga os bairros São Franciso e o São Cristóvão.

O Quadro 1 abaixo apresenta as características dos elementos da ponte.

Elentos da ponte	Tipo	Fck (MPa)	Dimensões (m)
Lajes	CA	35	4 x 9 x 0,25
Aproximação			
Tabuleiro	CA	35	10 x 20 x 0,25
Transversinas			
Longarinas			
Pilares	CA	30	Ø = 0,90
Sapatas	CA	30	3,0 x 3,0 x 1,0

Quadro 1 - Características dos elementos da ponte

Fonte: ANCAR (2024)

A seguir na Tabela 1 apresentamos as coordenadas da localização da ponte.

Longitude	Latitude	Coordenadas UTM
649023.88 m E	9142836.57 m S	7° 45'8.71° S 37° 38'55.05° O

Tabela 1 – Coordenadas da localização da ponte de estudo

Fonte: Prefeitura Municipal de Afogados da Ingazeira (2025)

Nas figuras 3, 4 e 5 a seguir apresentamos a ponte de estudo, com vista frontal e laterais, com apresentação de alguns elementos constituintes.



Figura 3 – Vista frontal da ponte
Fonte: Autores (2024)



Figura 4 – Vista lateral direita da ponte
Fonte : Autores (2024)



Figura 5 – Vista lateral direita mostrando longarinas, encontro e guarda corpo
Fonte : Autores (2024)



Figura 6 – Vista lateral direita mostrando longarinas, transversinas e pilares
Fonte : Autores (2024)

METODOLOGIA

Custo da Obra

Para saber o custo total da obra, apresenta-se os custos de construção por elementos constituintes da ponte. A Tabela 2 abaixo mostra os valores por cada etapa da construção.A tabela 01 mostra os custos por elemento construído além da administração da obra, mobilização e desmobilização além da instalação e manutenção do canteiro.

Elementos	Custo Contratual (R\$)	Custo Pós 1° Aditivo	Custo Pós 2° Aditivo	Percentual Sobre o Total (%)
Admnistração da Obra	175.064,22	175.064,22	175.064,22	4,09
Mobilização e Desmobilização	319.211,58	319.211,58	319.211,58	7,47
Instalação e Manutenção de Canteiro	259.499,15	267.149,49	267.149,49	6,25
Infraestrutura	465.654,41	606.112,52	690.418,55	16,15

(encontros e sapatas)				
Mesoestrutura (pilares e travessas)	286.432,76	359.717,35	359.717,35	8,41
Superestrutura (vigas, transversinas e lajes)	2.369.264,70	2.464.244,70	2.464.244,70	57,63
TOTAL	3.875.126,82	4.191.499,86	4.275.805,89	100

Tabela 2 – Custo total da ponte após o 2º aditivo de valor
Fonte: Prefeitura Municipal de Afogados da Ingazeira (2025)

Para uma melhor visualização do percentual de influência de cada elemento da planilha, o gráfico 1 apresentado no formato de barras é apresentado abaixo.

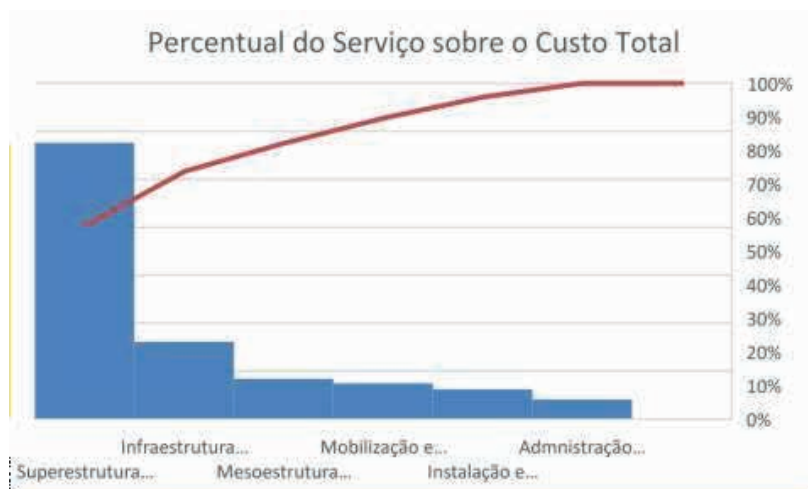


Gráfico 1 - percentual de influência de cada elemento da planilha
Fonte : Autores (2025)

BENEFÍCIOS À POPULAÇÃO

A construção da ponte trouxe vários benefícios, incluindo:

- Melhoria na mobilidade: a ponte reduziu o tempo de viagem e facilitou o transporte de pessoas e mercadorias.
- Desenvolvimento econômico: Facilitou o comércio e o desenvolvimento dos dois bairros, contribuindo para o crescimento econômico local.
- Valor cultural e estético: A ponte também têm valor cultural e estético.
- Oportunidades de negócios, emprego e renda.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Prefeitura Municipal de Afogados da Ingazeira e a Construtora ANCAR pelo fornecimento dos dados apresentados e analisados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Deve-se lembrar que cada obra tem suas particularidades e que o melhor custo-benefício pode variar entre os vários métodos construtivos que existem na engenharia civil. O custo inicial da obra era de R\$ 3.875.126,82 (três milhões, oitocentos e setenta e cinco mil, cento e vinte e seis reais e oitenta e dois centavos), porém após o segundo aditivo de valor ficou em R\$ 4.275.805,89 (quatro milhões, duzentos e setenta e cinco mil, oitocentos e cinco reais e oitenta e nove centavos), um acréscimo em relação ao custo inicial de 10,34%.

Quanto ao percentual de cada elemento da ponte sobre o custo total destacaram-se por ordem decrescente a superestrutura com 57,63%, infra-estrutura com 16,15% e finalmente a mesoestrutura com 8,41%.

Dessa forma, a presente pesquisa teve seu objetivo alcançado, verificou-se o custo de construção da ponte, bem como os benefícios gerados à população local. Após realização do presente trabalho é possível deixar como recomendação para futuros trabalhos os seguintes temas:

- a) Analisar a diferença de custos entre pontes de concreto armado e protendido, em relação pontes mistas de concreto e aço;
- b) Analisar os preços unitários utilizados pelo órgão licitante no processo de licitação;
- c) Analisar as alterações de acréscimos/reduções de preços dos serviços/quantitativos na planilha.

REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORT OFFICIALS. AASHTO LRFD **bridge:design specifications**. Washington, 2012.

ANCAR. Construtora. **Características dos elementos da ponte**. 2024

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7187: **Projeto de pontes de concreto armado e de concreto protendido - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT Editora, 2021

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT – NBR 8681 : 2004. **Ações e segurança nas estruturas – procedimento**.

CONCRETO, **Portal dos AGREGADOS PARA CONCRETO**. 2016. Disponível em: <<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/agregado.html>>. Acesso em: 13 dez. 2024.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. **Cálculo e detalhamento de estruturas e concreto armado: Segundo a NBR 6118:2014**, 4ª ed. São Carlos: EDUFSCAR, 2014.

DEBS, Mounir Khalil El & TAKEYA, Toshiaki. **Introdução às pontes de concreto**. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. Departamento de Engenharia de Estruturas. 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT- NORMA - DNIT010/2004- PRO. **Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento**. Rio de Janeiro.

FUSCO, P. B. **Tecnologia do concreto estrutural: Tópicos aplicados**, 1ª ed. São Paulo: PINI, 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE AFOGADOS DA INGAZEURA. **Coordenadas da localização da ponte de estudo**. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE AFOGADOS DA INGAZEURA. **Custo total da ponte após o 2º aditivo de valor**. 2025

SOUZA, JOÃO CARLOS TEATINI DE. **Estruturas de concreto armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação**. - 3ª. ed. - Rio de Janeiro: Elsevier; Brasília, DF: Ed. UnB, 2016.

WIKIPÉDIA, **Afogados da Ingazeira**. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Afogados_da_Ingazeira. Acesso em: 14 dez 2024